

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Výběr strojního zařízení s využitím vícekritériálního
rozhodování**

The Selection of Machinery Using Multicriteria Decision

Student:

Tomáš Krumpoch

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Šajdlerová, PhD.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Krumpoch**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Výběr strojního zařízení s využitím vícekritériálního rozhodování**
The Selection of Machinery Using Multicriteria Decision

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Vysvětlení základních pojmů.
2. Popis a analýza výchozí rozhodovací situace, stanovení cílů.
3. Návrhy variant řešení na základě zvolených kritérií.
4. Komplexní posouzení navrhovaných variant řešení a výběr optimální varianty.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:


ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 40 s.
FOTR, JIH a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2. přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.
ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby*. 1. vyd. Ostrava: Fakulta strojní VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: **11.12.2015**

Datum odevzdání: **16.05.2016**



doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry



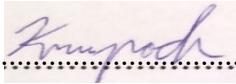
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .. 13. 5. 2016 ..

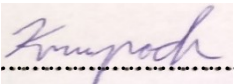


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 13. 5. 2016

podpis 

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Krumpoch

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Sokolská 1091

Valašské Meziříčí

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KRUMPOCH, T. *Výběr strojního zařízení s využitím metod vícekritériálního rozhodování: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 62 s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Bakalářská práce se zabývá výběrem nového strojního zařízení pro firmu PWO Czech Republic a.s. pomocí metod vícekritériálního rozhodování. V podniku bylo zjištěno, že stávající strojní zařízení již nevyhovuje podmínkám produkce firmy. Byla vybrána vhodná kritéria, stanovena jejich závažnost a dále pomocí několika metod vícekritériálního rozhodování navrženo optimální řešení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KRUMPOCH, T. *Selecting machinery using methods of multi-criteria decision: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 62 p. Thesis head: Šajdlerová, I.

Bachelor thesis deals with the selection of new machinery for the company PWO Czech Republic a.s. using methods of multi-criteria decision. In business, it was found that the existing machinery no longer complies with the conditions of production of the company. She was chosen the appropriate criteria to determine their severity and using several methods, multi-criteria decision suggested optimal solution.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů:	8
Úvod	10
1 Obecná charakteristika řešené problematiky	11
1.1 Strojní zařízení	11
1.1.1 Konvenční obráběcí stroje	11
1.1.2 Číslicově řízené obráběcí stroje (NC)	11
1.1.3 Počítačem číslicově řízené obráběcí stroje (CNC)	12
1.2 Rozhodovací metody	13
1.2.1 Metoda porovnávání v trojúhelníku párů	14
1.2.2 Bazická metoda	15
1.2.3 Metoda PATTERN	17
1.3 Umístění strojních zařízení na pracovišti	18
1.3.1 Technologické uspořádání	18
1.3.2 Předmětné uspořádání	18
1.3.3 Modulární uspořádání	19
1.3.4 Buňkové uspořádání	19
1.3.5 Smíšené uspořádání	19
1.4 Výpočet efektivních časových fondů	20
1.4.1 Nominální časový fond	20
1.4.2 Efektivní časový fond stroje	20
1.4.3 Efektivní časový fond pracoviště	21
2 Analýza současného stavu	22
2.1 PWO Czech Republic a.s.	22
2.2 Popis vybraného výrobního zařízení	24
2.2.1 Výrobní zařízení FGSV 50	24
2.2.2 Výrobní zařízení FGSV 32	25
2.2.3 Umístění frézky FGSV 50 a FGSV 32	27
2.2.4 Frézka FNK 25A	28
2.2.5 Umístění frézky FNK 25A	29
2.3 Výpočty časových fondů	30
2.3.1 Výpočet nominálního časového fondu za rok 2015	30
2.3.2 Výpočet efekt. čas. fondu strojů FGSV 50, FGSV 32 a FNK 25A	30

2.3.3	Výpočet efektivního časového fondu pracoviště	30
3	Návrh variant řešení	31
3.1	Ponechání strojního zařízení v současném stavu	31
3.2	Samotné vyřazení frézky FNK 25A	31
3.3	Nákup nového strojního zařízení a vyřazení frézky FNK 25A	31
3.4	Možnosti nových strojních zařízení	32
3.4.1	CNC strojní zařízení Kovosvit MAS	32
3.4.2	CNC strojní zařízení Tajmac-ZPS MCFV 1260	33
3.5	Analýza zvolených parametrů	35
3.5.1	Analýza krouticího momentu	36
3.5.2	Analýza výkonu	36
3.5.3	Analýza pracovního posuvu	37
4	Výběr optimální varianty	38
4.1	Výběr zařízení pomocí metod vícekritériálního rozhodování	38
4.1.1	Metoda porovnávání v trojúhelníku párů	38
4.1.2	Metoda bazická	41
4.1.3	Metoda PATTERN	44
4.2	Celkové vyhodnocení výběru	45
4.3	Porovnání cen jednotlivých strojních zařízení	46
4.4	Návratnost investic	46
4.5	Nové umístění strojních zařízení	47
4.6	Změna efektivního časového fondu	49
4.6.1	Efektivní časový fond stroje MCV 1270 POWER	49
4.6.2	Efektivní časový fond frézek FGSV 50 a FGSV 32	49
4.6.3	Nový efektivní časový fond pracoviště	49
4.6.4	Porovnání efektivních časových fondů pracovišť	50
5	Zhodnocení přínosu práce a závěr	51
5.1	Zhodnocení vlastního přínosu bakalářské práce	51
5.2	Závěr	51
	Seznam použité literatury	53
	Seznam obrázků	54
	Seznam grafů	54
	Seznam tabulek	55
	Seznam příloh	55

Seznam použitých značek a symbolů:

A – počet sobot a nedělí v roce [dny/rok]

B – počet placených svátků v roce [dny/rok]

B_j – koeficient významnosti j -tého kritéria

B_{jN} – normovaný koeficient významnosti j -tého kritéria

C – počet dnů celopodnikové dovolené [dny/rok]

CAM – computer-aided manufacturing

CNC – computer numeric control

F_K – kalendářní časový fond – celkový počet dnů v roce [dny/rok]

F_N – nominální časový fond [dny/rok]

F_{SE} – efektivní časový fond stroje [hodiny/rok]

g – počet vzájemně zastupitelných pracovišť

h – počet hodin za směnu [hodiny]

h_{Bj} – hodnota j -tého kritéria u bazické varianty

h_{ij} – hodnota j -tého kritéria u i -té varianty

h_{ij1} – hodnota indexu 1,00 u metody PATTERN

J – jednorázové náklady (cena strojního zařízení) [Kč]

m – počet kritérií

N – počet kombinací v trojúhelníku párů

NC – numeric control

p – počet expertů

p_i – počet variant

s – počet směn

VŠB – TU Ostrava, Katedra mechanické technologie

S_j – hodnota relativní užitnosti j -tého kritéria

T – návratnost investic [měsíce]

TPV – technická příprava výroby

V_j – hodnota dosaženého výsledku j -tého kritéria

y_{kj} – počet bodů přiřazených k -tým expertem k j -tému kritériu

Z – plánované prostoje – čištění stroje, diagnostika, prevence,... [hodiny/rok]

z_{ij} – výsledná hodnota ij -tého kritéria

Z_m – předpokládaný měsíční zisk [Kč/měsíc]

Úvod

Základním požadavkem dnešních moderních strojírenských podniků je uspokojit poptávku po svých produktech. Konkurence je velká a produktivita naprosto zásadní. Každý podnik proto dbá na zlepšení produktivity nebo alespoň její udržení v mezích konkurenceschopnosti. Toho lze dosáhnout mnoha způsoby, ale mezi nejzásadnější patří dobrý výběr a proškolení pracovníků a volba vhodných strojních zařízení.

Vhodným výběrem strojních zařízení se zabývá i tato bakalářská práce. Protože je jejich nabídka skutečně velká (hlavně u CNC), stojí podniky před nelehkým úkolem. Tím je výběr nového strojního zařízení dle výrobních, ekonomických a dalších požadavků daného podniku.

Cílem bakalářské práce je ověřit vhodnost stávajícího strojního zařízení pro výrobu a případně navržení nového strojního zařízení s pomocí několika metod vícekriteriálního rozhodování.

1 Obecná charakteristika řešené problematiky

Bakalářská práce se zabývá pracovištěm strojního obrábění, je tedy nutné osvětlit problematiku a základní pojmy nutné k dalšímu řešení.

1.1 Strojní zařízení

Strojní zařízení lze chápat jako vybavení podniku nutné pro jeho výrobní a kontrolní chod. Jedná se o naprosto stěžejní prvek, který ovlivňuje nejdůležitější část podniku, tj. výrobu. Strojní zařízení s největším zastoupením v podniku zabývajícím se strojní výrobou bývají zpravidla obráběcí stroje.

1.1.1 Konvenční obráběcí stroje [1]

Jedná se o nejjednodušší a zároveň i levnější variantu obráběcích strojů. Na těchto strojích se probíhá většinou i základní výuka studentů, takže mají neocenitelné zastoupení ve školství. I mnoho strojně zaměřených podniků je používá k výrobě jednoduchých součástí nebo strojních operací.

Mezi jejich přednosti patří hlavně pořizovací cena a jednoduchost ovládání. Bohužel je nutné počítat s tím, že tyto stroje nejsou zpravidla výkonné a také nemusí zvládat složitější operace, např. obrobení tvarově složitých ploch.

1.1.2 Číslicově řízené obráběcí stroje (NC) [2]

Tento typ strojního zařízení je již poněkud složitějšího charakteru. Mnoho úkonů je zde automatizováno nebo jinak zjednodušeno. Obsluha tohoto stroje již nemusí být tolik vytížená jako na konvenčním obráběcím stroji. Operace na těchto strojích jsou řízeny pomocí média, na kterém jsou zapsány jednotlivé úkony operací (děrná páska).

Zařízení stroje si převede údaje z média do souřadnicového systému a následně provádí jednotlivé úkony.

Předností toho stroje je možnost obrobění tvarově složitých ploch a zároveň snadné zavedení procesu sériové nebo hromadné výroby. Nevýhodou je proti konvenčním obráběcím strojům pořizovací cena a zároveň nutnost zapojení většího počtu lidí do procesu. Navíc je nutné i další příslušenství na výrobu a dekodování přenosového média.

V současné době jsou již tyto stroje na ústupu, byly nahrazeny dokonalejšími systémy. V běžném podniku zabývající se strojní výrobou se již nevyskytují.

1.1.3 Počítačem číslicově řízené obráběcí stroje (CNC) [2]

Jde o vrchol v evoluci obráběcích strojů z hlediska kvality, výkonosti a možnostech použití. Tyto typy strojů dovedou oprostit obsluhu od všech zbytečných úkonů, čímž oproti svým předchůdcům výrazně zkracují strojní časy. Jako přenosové médium zde slouží již počítač, který dostává data z CAM softwaru. Mnoho těchto strojů je v dnešní době univerzálních a dovede si poradit s celou škálou výrobních procesů, i tvarově velmi složité plochy nejsou pro tyto stroje dnes již žádným problémem.

Výhodou je zde snadná možnost zařazení do sériové nebo i hromadné výroby a je menší pravděpodobnost poškození přenosového média. Ale pořizovací náklady samotného stroje, softwaru a zaškolení většího počtu lidí včetně mnoha programátorů jsou poněkud vyšší než u konvenčních obráběcích strojů.

1.2 Rozhodovací metody [3]

Rozhodováním lze chápat jako výběr jedné (příp. několika) variant – objektů rozhodování, např. strojní zařízení, automobily apod., z množiny všech potenciálně realizovatelných variant. Probíhá na všech stupních hierarchie podniku, ale je možno jej použít i v jiných oblastech lidské činnosti. Rozhodovat může jednotlivec nebo skupina lidí. V případě, že se bude rozhodovat na základě více aspektů – kritérií, jedná se o vícekritériální rozhodování.

Pro správný výběr optimální varianty je nutné stanovení kritérií, ty mohou být typu výnos nebo náklad. Zde je nutné stanovit váhu jednotlivých kritérií pomocí koeficientů významnosti. Na jejich určení slouží tyto metody:

- Metoda pořadí
- Metoda známkování
- Metoda porovnávání v trojúhelníku párů

Vyšší koeficient významnosti daného kritéria znamená vyšší váhu kritéria při samotném rozhodování. K tomu lze použít některou z níže uvedených metod:

- Metoda vážených dílčích pořadí
- Metoda bazická
- Metoda PATTERN
- Vážená bodovací metoda

V bakalářské práci bude dále využita pro řešení metoda porovnávání v trojúhelníku párů, metoda bazická a metoda PATTERN, proto v dalších odstavcích bude vysvětlen jejich obecný postup.

1.2.1 Metoda porovnávání v trojúhelníku párů [3]

Ze soustavy o m kritériích se vytvoří tabulka párů kritérií ve tvaru trojúhelníku, který bude mít N kombinací.

$$N = \frac{m \times (m - 1)}{2} \quad (1)$$

Kde: N – počet kombinací v trojúhelníku párů

m – počet kritérií

Každý expert zakroužkuje ve své tabulce u jednotlivých párů ten, který je podle jeho mínění významnější. V případě stejné významnosti kritérií nebo nerozhodnosti experta zakroužkuje obě kritéria. Minimální počet expertů by z důvodu objektivity neměl klesnout pod 4.

1. expert	2. expert	3. expert	4. expert	5. expert
1 1 1 1 2 3 4 5	1 1 1 1 2 3 4 5	1 1 1 1 2 3 4 5	1 1 1 1 2 3 4 5	1 1 1 1 2 3 4 5
2 2 2 3 4 5	2 2 2 3 4 5	2 2 2 3 4 5	2 2 2 3 4 5	2 2 2 3 4 5
3 3 4 5	3 3 4 5	3 3 4 5	3 3 4 5	3 3 4 5
4 5	4 5	4 5	4 5	4 5

Obr. 1 Příklad hodnocení kritérií [3]

Expert	Kritéria				
	1	2	3	4	5
1.	1	2	2	2,5	2,5
2.	1,5	2,5	2	1,5	2,5
3.	1,5	2	0,5	3	3
4.	1	2,5	0,5	3	3
5.	1,5	0	2	2,5	4
celkem	6,5	9	7	12,5	15
B_j	1,3	1,8	1,4	2,5	3

Obr. 2 Příklad stanovení koeficientů významnosti [3]

Dle výsledných záznamů v tabulce trojúhelníku párů se přiřadí každému kritériu tolik bodů, kolikrát bylo zakroužkováno. V případě zakroužkování obou kritérií obdrží každý pár kritérií jen 1 bod.

Bodová vyhodnocení od všech expertů se shrnou do tabulky. Následně se určí koeficient významnosti kritéria tak, že se sečtou body, které dané kritérium získalo od všech hodnotících expertů. Poté se tyto body vydělí počtem expertů.

$$B_j = \frac{\sum_1^m y_{kj}}{p} \quad (2)$$

Kde: p – počet expertů

y_{kj} – počet bodů přiřazených k-tým expertem k j-tému kritériu

1.2.2 Bazická metoda [3]

Jedná se o jednu z metod, která je v práci dále použita. Jde již o samotné vícekritériální rozhodování, koeficienty významnosti z předchozí kapitoly ovlivní konečné hodnocení.

Nejdříve je nutné zjistit potřebné informace o jednotlivých kritériích.

Následně se vytvoří bazická (fiktivní) varianta (h_{Bj}), např. jako průměrná hodnota z údajů všech kritérií.

$$h_{Bj} = \frac{\sum_1^i h_{ij}}{p_i} \quad (3)$$

Kde: p_i – počet variant

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

p_i – počet variant

h_{Bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

Následně se rozdělí kritéria dle typu na výnos nebo náklad a dojde k porovnání jednotlivých variant s variantou bazickou. Vypočtená hodnota (z_{ij}) je již ovlivněna koeficientem významnosti.

$$\text{- Pro kritérium typu náklad} \quad z_{ij} = \frac{h_{Bj}}{h_{ij}} \times B_j \quad (4)$$

$$\text{- Pro kritérium typu výnos} \quad z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{Bj}} \times B_j \quad (5)$$

Kde: h_{Bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

U kritérií typu výnos (výkon, krouticí moment,...), platí přímá úměra. Čím vyšší je hodnota kritéria, tím lépe. Naopak u kritérií typu náklad (spotřeba energie, pořizovací cena,...) platí nepřímá úměra. Čím vyšší je hodnota kritéria, tím hůř.

Posléze se stanoví hodnota relativní užitenosti (S_j) pro každou variantu:

$$S_j = \sum_{i=1}^{j=m} z_{ij} \quad (6)$$

Kde: m – počet kritérií

z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

S_j – hodnota relativní užitenosti j-tého kritéria

Závěrem se vyhodnotí dosažené výsledky (V_j). Nejvyšší hodnota relativní užitenosti S_j zaujme první místo a nejnižší hodnota místo poslední.

1.2.3 Metoda PATTERN [3]

Metoda je podobná metodě předchozí. Opět je nutné mít zjištěné potřebné informace k jednotlivým variantám.

U každého kritéria je potřeba nalézt nejhorší hodnotu (h_{Bj}) a přiřadit jí index 1,00 (h_{ij1}). Pro správné určení nejhorší hodnoty je nutné rozdělit kritéria na typ výnos a náklad.

Následně je nutné zjistit vážené hodnoty pro jednotlivá kritéria a varianty dle typu kritéria.

Relativní užítlost (S_j) se stanoví obdobně jako u metody bazické (6). Čím vyšší hodnota relativní užítlosti vyjde, tím je varianta výhodnější.

$$\text{- Pro kritérium typu náklad} \quad z_{ij} = \frac{h_{ij1}}{h_{ij}} \times B_j \quad (7)$$

$$\text{- Pro kritérium typu výnos} \quad z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{ij1}} \times B_j \quad (8)$$

Kde: z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

h_{ij1} – hodnota indexu 1,00 u metody PATTERN

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

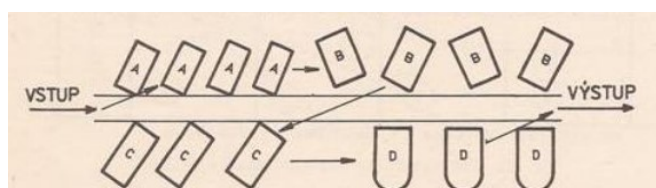
1.3 Umístění strojních zařízení na pracovišti [3]

Prostorového uspořádání strojního zařízení záleží hlavně na typu výroby daného podniku nebo také na možnostech jeho prostorových kapacit. Rozmístění strojních zařízení nebo pracovišť může být následující:

- Individuální (*počet pracovišť je malý, výrobní procesy se neopakují*)
- Skupinové (*technologické, předmětné, modulární, buňkové, smíšené*)

1.3.1 Technologické uspořádání [3]

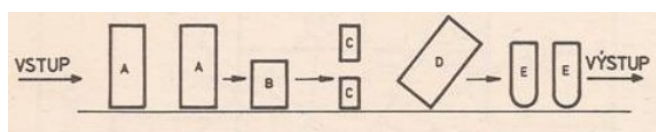
Je to seskupení pracovišť v rámci výrobní příbuznosti, to znamená, že pracoviště jsou umístěna tak, aby vyráběný předmět putoval mezi jednotlivými uskupeními pracovišť podle svého výrobního postupu. Nejčastější použití bývá u kusové nebo malosériové výroby.



Obr. 3 Technologické uspořádání pracovišť [4]

1.3.2 Předmětné uspořádání [3]

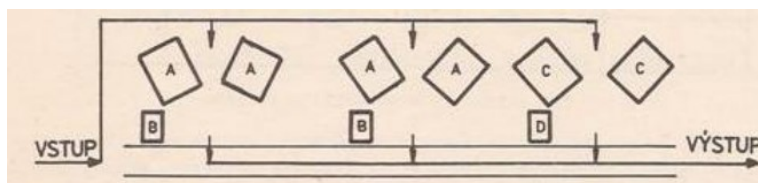
Jedná se o seskupení pracovišť, kde vyráběný předmět prochází plynule výrobou z jednoho na druhé výrobní zařízení podle svého technologického postupu. Pracoviště jsou uspořádána kontinuálně, což je nejlepší způsob uspořádání pro sériovou nebo hromadnou výrobu.



Obr. 4 Předmětné uspořádání pracovišť [4]

1.3.3 Modulární uspořádání [3]

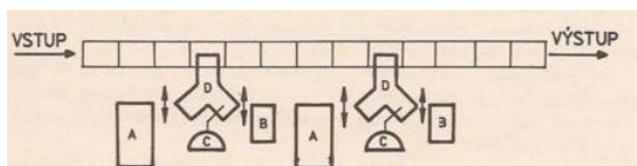
Jde o uspořádání pracovišť do tzv. technologických bloků. Každý z bloků je schopen plnit více výrobních nebo technologických funkcí a provoz je tím pádem složen ze stejných nebo vzájemně podobných modulů (např. víceúčelová obráběcí centra).



Obr. 5 Modulární uspořádání pracovišť [4]

1.3.4 Buňkové uspořádání [3]

Obvykle jej tvoří strojní zařízení s vysokým výkonem (produktivitou) a jeho plně automatizované okolí (robot, zásobníky, automatizované palety,...). Používá se např. u automatizovaných výrobních systémů, výrobních linek, ...



Obr. 6 Buňkové uspořádání pracovišť [4]

1.3.5 Smíšené uspořádání [3]

Zde se využívá vhodné kombinace dvou nebo i více způsobů uspořádání pracovišť tam, kde není žádná možnost použití jednoho konkrétního způsobu uspořádání. Nejčastěji se jedná o kombinaci předmětného a technologického uspořádání. Používá se např. v mechanicko-montážních provozech.

1.4 Výpočet efektivních časových fondů [3]

Tyto fondy udávají čas, který je schopen daný stroj nebo obsluha stroje odpracovat za určité období. Nejčastěji za rok, ale mohou být použity i kratší časové úseky. Časové fondy se uvádějí nejčastěji v hodinách, je tedy nutné časové fondy upravit dle počtů smluvně přijatých hodin za směnu, pokud jsou časové fondy vyjádřeny ve dnech.

Do výpočtu celkové kapacity pracoviště je nutné zahrnout další faktory – počet pracovních směn, počet vzájemně zastupitelných pracovišť. Časové fondy vždy závisí na organizaci daného podniku.

1.4.1 Nominální časový fond [3]

Jedná se o časový fond vyjadřující počet dní v roce po odečtení všech sobot, nedělí a svátků v roce.

$$F_N = F_K - A - B \quad (9)$$

Kde: F_N – nominální časový fond [dny/rok]

F_K – kalendářní časový fond – celkový počet dnů v roce [dny/rok]

A – počet sobot a nedělí v roce [dny/rok]

B – počet placených svátků v roce [dny/rok]

1.4.2 Efektivní časový fond stroje [3]

Jedná se o nominální časový fond, který je očištěn o dobu, kdy zařízení z důvodu údržby, revize, oprav zařízení apod.

$$F_{SE} = (F_N - C) \times h \times s - Z \quad (10)$$

Kde: F_{SE} – efektivní časový fond stroje [hodiny/rok]

C – počet dnů celopodnikové dovolené [dny/rok]

Z – plánované prostoje – čištění stroje, diagnostika, prevence,... [hodiny/rok]

h – počet hodin za směnu [hodiny]

s – počet směn

1.4.3 Efektivní časový fond pracoviště [3]

Jedná se o využitelnou kapacitu pracoviště.

$$F_{PE} = (F_N - C) \times h \times s \times g - Z \quad (11)$$

Kde: F_N – nominální časový fond [dny/rok]

F_{PE} – efektivní časový fond pracoviště [hodiny/rok]

C – počet dnů celopodnikové dovolené [dny/rok]

Z – plánované prostoje – čištění stroje, diagnostika, prevence,... [hodiny/rok]

g – počet vzájemně zastupitelných pracovišť

h – počet hodin za směnu [hodiny]

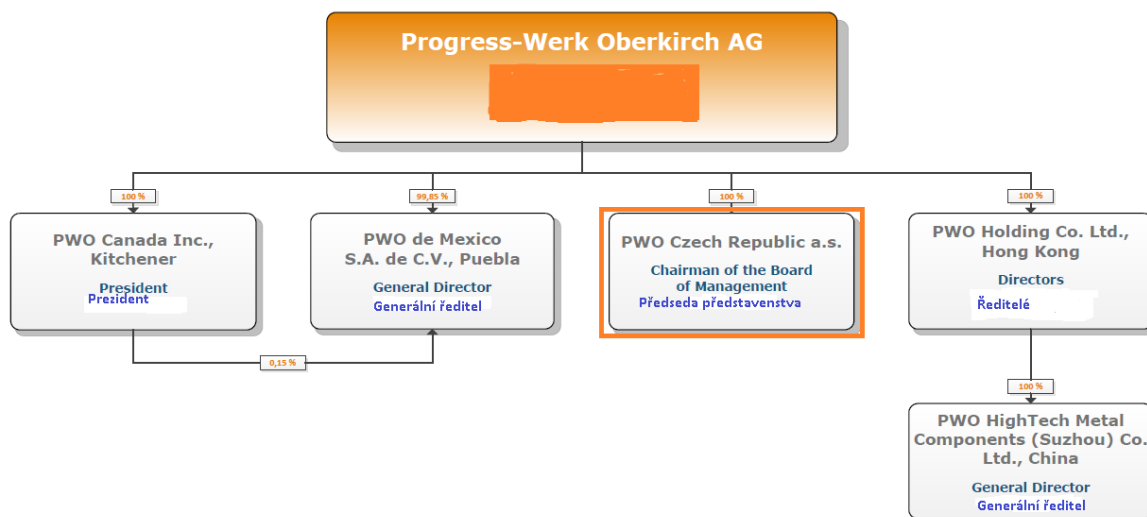
s – počet směn

2 Analýza současného stavu

Kapitola se zaměřuje na představení firmy PWO Czech Republic a.s. a její výrobní závod ve Valašském Meziříčí. V kapitole je provedena analýza současného stavu a dále jsou navrženy parametry požadovaných strojních zařízení.

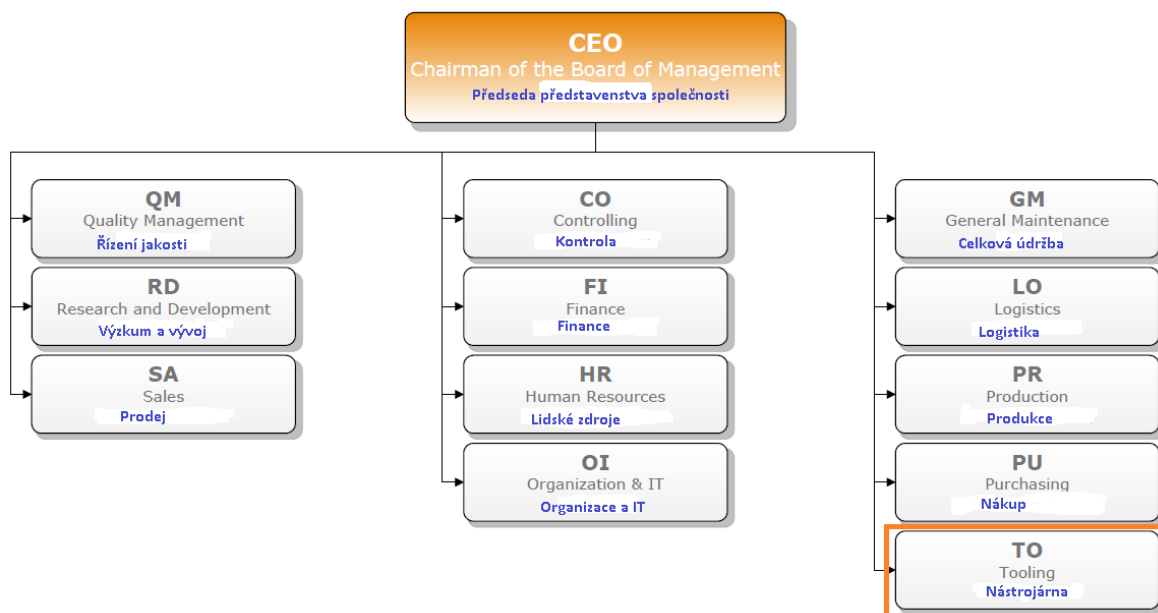
2.1 PWO Czech Republic a.s. [5]

Firma vznikla v roce 2005 připojením předchozí firmy, založené roku 1992, UNITOOLS CZ a.s. ke koncernu PWO AG. Specializovala se na vývoj a výrobu lisovacích, střížných, ohybových a tažných nástrojů pro automobilový průmysl. V roce 2014 se firma přejmenovala na PWO Czech Republic a.s.



Obr. 7 Organizační struktura koncernu PWO

Obchodní jádro firmy tvořila nástrojárna, která byla v roce 2015 rozšířena, zavedla se zde sériová výroba a celá firma byla následně modernizována. Dnes PWO Czech Republic a.s. vyrábí i bezpečnostní díly pro sedáky, karoserie a řízení vozidel, to vše díky moderním vysokovýkonným lisům a pokročilým svařovacím a montážním linkám.



Obr. 8 Organizační schéma firmy PWO Czech Republic a.s.



Obr. 9 Areál firmy PWO Czech Republic a.s. ve Valašském Meziříčí [5]

2.2 Popis vybraného výrobního zařízení

Na přiloženém layoutu (viz Příloha A), je možné vidět současné uspořádání strojního parku ve výrobní hale 96. Uspořádání tohoto strojního parku je smíšené, neboť jsou zde kombinovány prvky technologického (pily, úprava dílů) a modulárního uspořádání (ostatní strojní zařízení, hlavně CNC obráběcí centra).

Řešené výrobní zařízení vyplynulo z potřeby managementu podniku a týká se frézek. Na hale jsou umístěny 3 frézky - FGSV 50, FGSV 32 a FNK 25A.

2.2.1 Výrobní zařízení FGSV 50 [6]

Jedná se o konzolovou frézku, (Obrázek 10), jejíž ovládání zajišťuje obsluha. Jde o poměrně kvalitní stroj, který však již svými parametry (Tabulka 1) nevyhovuje požadavkům podniku, mezi které patří hlavně výroba tvarově složitých součástí. Hlavní nevýhoda této frézky je, že není schopna nebo uzpůsobena na výrobu takovýchto součástí.

Tabulka 1 Základní parametry stroje FGSV 50 [6]

FGSV 50		
Rozjezdy (X, Y, Z)	mm	1270, 610, 720
Upínací plocha stolu (X, Y)	mm	1800, 500
Minimální vzdálenost čelo - stůl	mm	120
Počet míst v zásobníku	ks	-
Možnost rozšíření zásobníku	ks	-
Rychlost pracovního posuvu (X, Y, Z)	mm/min	1800, 450, 1800
Výkon	kW	15
Krouticí moment	Nm	2000
Otáčky	min ⁻¹	1 400
Maximální průměr nástroje	mm	125
Počet vedení v ose Y	ks	-
Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	Nm	-



Obr. 10 Konzolová frézka FGSV 50 [6]

2.2.2 Výrobní zařízení FGSV 32 [7]

Jedná se o konzolovou frézku, (Obrázek 11), jejíž ovládání zajišťuje obsluha. Podobně, jako u předchozí frézky FGSV 50, jde o poměrně kvalitní stroj, který má podobné parametry (Tabulka 2), nezvládne však výrobu tvarově složitých součástí. Což je její hlavní nevýhoda.

Tabulka 2 Základní parametry stroje FGSV 32 [7]

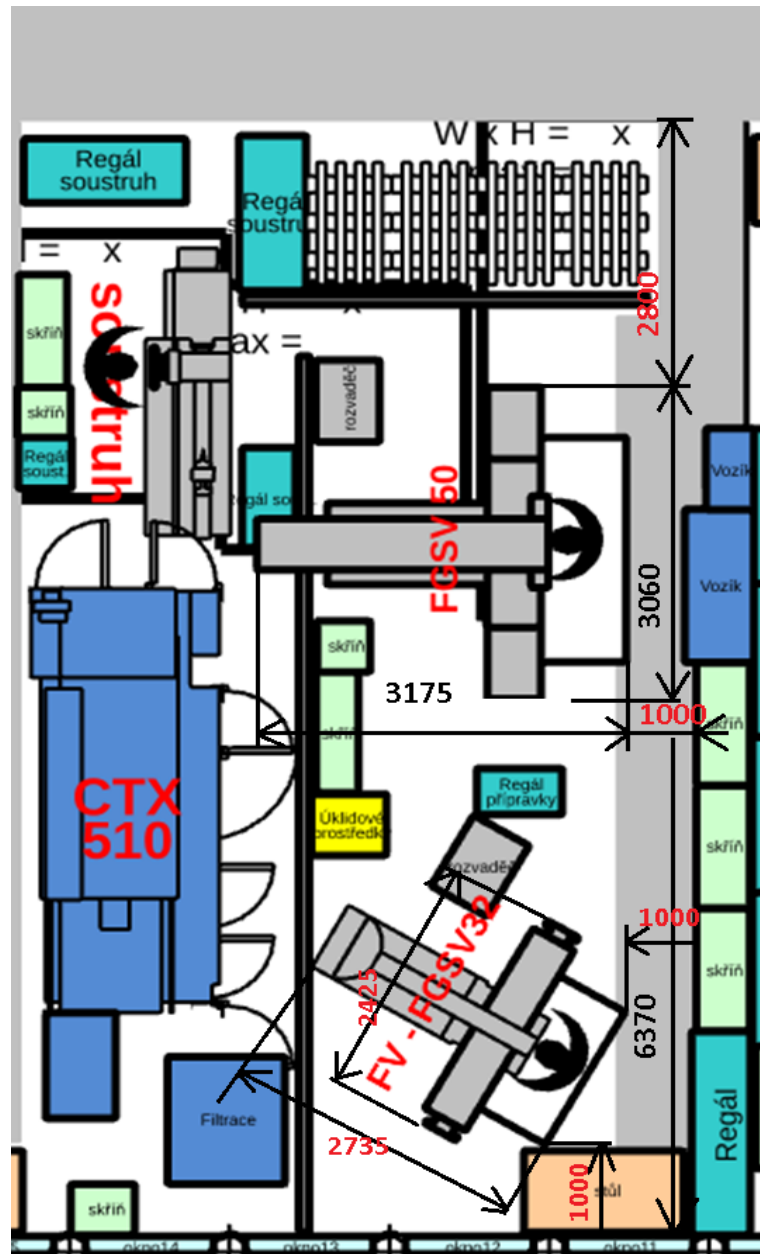
FGSV 32		
Rozjezdy (X, Y, Z)	mm	1000, 400, 450
Upínací plocha stolu (X, Y)	mm	1400, 400
Minimální vzdálenost čelo - stůl	mm	140
Počet míst v zásobníku	ks	-
Možnost rozšíření zásobníku	ks	-
Rychlost pracovního posuvu (X, Y, Z)	mm/min	1800, 450, 1800
Výkon	kW	11
Krouticí moment	Nm	1 700
Otáčky	min ⁻¹	1 800
Maximální průměr nástroje	mm	125
Počet vedení v ose Y	ks	-
Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	Nm	-



Obr.11 Konzolová frézka FGSV 32 [7]

2.2.3 Umístění frézky FGSV 50 a FGSV 32

Frézka FGSV 50 je umístěna na společném pracovišti s další frézou FGSV 32 (Obrázek 12). Pracoviště je plně zaměřené na výrobu jednodušších součástí nebo plnění jednodušších operací většinou hrubovacího charakteru. Nevýhodou je, že na zdejším pracovišti není možné obrábět tvarově složité součásti.



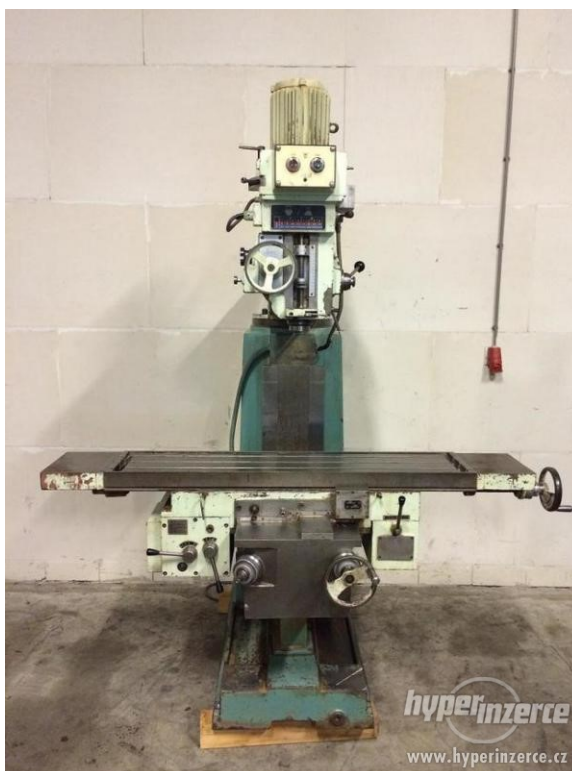
Obr. 12 Umístění frézky FGSV 50 a FGSV 32

2.2.4 Frézka FNK 25A [7]

Na výrobní hale 96 se vyskytuje ještě jedna konzolová frézka FNK 25A, která má tyto parametry:

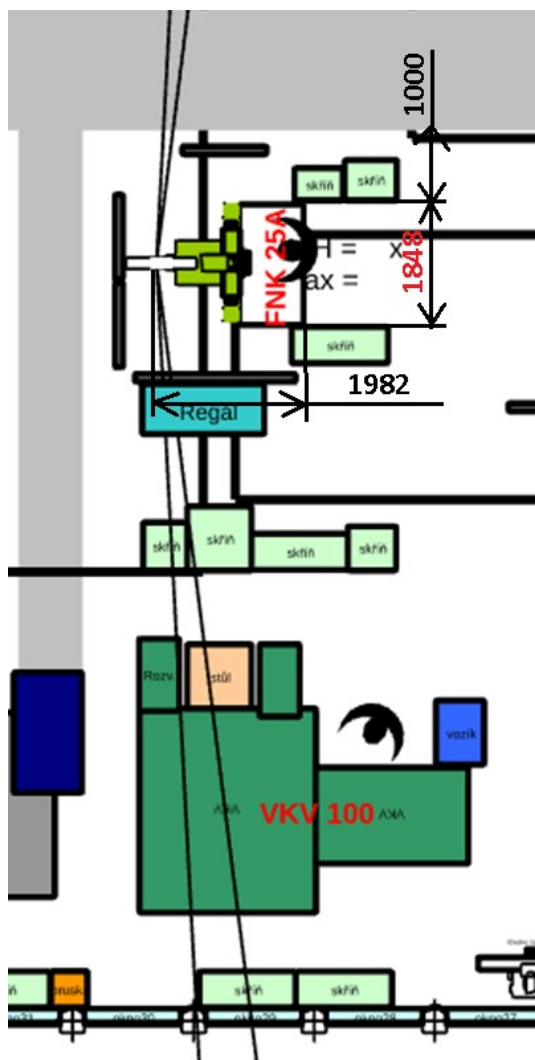
Tabulka 3 Základní parametry stroje FNK 25A [8]

FNK 25A		
Rozjezdy (X, Y, Z)	mm	800, 370, 450
Upínací plocha stolu (X, Y)	mm	1250, 250
Minimální vzdálenost čelo - stůl	mm	10
Počet míst v zásobníku	ks	-
Možnost rozšíření zásobníku	ks	-
Rychlost pracovního posuvu (X, Y, Z)	mm/min	630
Výkon	(kW)	2,5
Krouticí moment	Nm	119
Otáčky	min ⁻¹	4 500
Maximální průměr nástroje	mm	100
Počet vedení v ose Y	ks	-
Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	Nm	-



Obr. 13 Frézka FNK 25A [9]

2.2.5 Umístění frézky FNK 25A



Obr. 14 Umístění frézky FNK 25A

2.3 Výpočty časových fondů

Konzolová frézka FGSV 50 je v současnosti v provozu již od počátku firmy, tj. od roku 1992. Na pracovišti se nachází společně s další frézku FGSV 32 FNK 25A, která je umístěna v jiné části haly 96. Využitelná kapacita pracoviště byla zjištěna dle níže uvedených vztahů.

2.3.1 Výpočet nominálního časového fondu za rok 2015

$$F_N = F_K - A - B \quad (9)$$

$$F_N = 365 - 104 - 10 = 251 \text{ [dny]}$$

2.3.2 Výpočet efekt. čas. fondu strojů FGSV 50, FGSV 32 a FNK 25A

$$F_{SE} = (F_N - C) \times h \times s - Z \quad (10)$$

$$F_{SE} = (251 - 5) \times 7,5 \times 2 - 60 = 3\,630 \text{ [hodin/rok]}$$

2.3.3 Výpočet efektivního časového fondu pracoviště

$$F_{PE} = \sum_1^n F_{SE} = 3\,630 + 3\,630 + 3\,630 = 10\,890 \text{ [hodin/rok]}$$

Nevýhodou frézky FNK 25A jsou její ale malé parametry, např. upínací plocha stolu, z toho důvodu není schopna být zástupným pracovištěm pro frézky FGSV 50 a FGSV 32.

Vedení podniku zvažuje do budoucna navýšení výrobních kapacit, hlavně u tvarových součástí vyráběných na CNC strojních zařízeních v hale 96.

3 Návrh variant řešení

- Ponechání strojního zařízení v současném stavu
- Samotné vyřazení frézky FNKA 25
- Nákup nového strojního zařízení a vyřazení frézky FNK 25A

3.1 Ponechání strojního zařízení v současném stavu

Tato alternativa je nepravděpodobná, protože by nedošlo k žádné zásadní změně, například k navýšení výrobních kapacit. Konzolová frézka FNK 25 A nemůže být zástupným pracovištěm pro frézky FGSV 32 a FGSV 50, navíc by jen blokovala místo, které by se mohlo dále jinak využít pro výkonnější strojní zařízení nebo reorganizaci haly.

3.2 Samotné vyřazení frézky FNK 25A

Tuto alternativu nelze úplně zavrhnout. Vyřadíme stroj, který není schopen být zástupným pracovištěm. Výhodou této alternativy je uvolnění prostoru ve výrobní hale. Podstatnou nevýhodou je však snížení stávajících výrobních kapacit.

3.3 Nákup nového strojního zařízení a vyřazení frézky FNK 25A

Tato alternativa přichází v úvahu jako nejlepší možná. I přes velkou investici a instalaci nového strojního zařízení je tohle jediná možnost, jak udržet výrobu ve zmodernizovaném podniku. Zároveň se i rozšíří výrobní kapacity, protože nové strojní zařízení bude CNC – počítačem řízené. Těchto zařízení se na hale nachází větší počet a mohou se v případě potřeby vzájemně zastoupit.

3.4 Možnosti nových strojních zařízení

Pro pořízení nového strojního zařízení byli zvoleni dva výrobci. Jedná se o zkušené a kvalitní výrobce, navíc pocházející z České republiky. To přináší výhodu při jednání a výběru produktů.

Jedná se o tyto výrobce:

- Kovosvit MAS
- Tajmac ZPS

3.4.1 CNC strojní zařízení Kovosvit MAS [10]

Strojní zařízení postaveno na nosném rámu tvaru C. Tvary a uspořádání jednotlivých odlitků rámu stroje jsou optimalizovány tak, aby byl stroj schopen splnit požadavky na vysokou tuhost, prostor a stabilitu při obrábění.

Na tomto stroji je aplikováno i lineární vedení, což zajišťuje větší přesnost a dynamiku při samotném obrábění. Je zde i možnost automatického výrobního cyklu díky automatické výměně nástrojů ze zásobníku. S použitím zvláštního příslušenství lze nasadit i nástroje se středovým přívodem chladicí kapaliny.

Tabulka 4 Základní parametry stroje Kovosvit MAS MCV 1270 POWER [10]

MCV 1270 POWER		
Rozjezdy (X, Y, Z)	mm	1270, 610, 720
Upínací plocha stolu (X, Y)	mm	1500, 670
Minimální vzdálenost čelo - stůl	mm	150
Počet míst v zásobníku	ks	24
Možnost rozšíření zásobníku	ks	40
Rychlost pracovního posuvu	mm/min	15 000
Výkon	kW	43
Krouticí moment	Nm	623
Otáčky	min ⁻¹	8 000
Maximální průměr nástroje	mm	125
Počet vedení v ose Y	ks	4
Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	Nm	440



Obr. 15 CNC Kovosvit MAS MCV 1270 POWER [10]

3.4.2 CNC strojní zařízení Tajmac-ZPS MCFV 1260 [11]

Jedná se o vysoce produktivní stroj určený pro třískové obrábění ve tříosém souřadném systému X, Y, Z. Stroj je řízen pomocí CNC systému, což mu umožní i obrábění složitých trojrozměrných tvarů součástí.

Vřeteno stroje, které je uloženo ve vřetenové jednotce zabudované ve vřeteníku, se pohybuje ve vertikálním směru (osa Z) po vedení na stojanu. Pracovní stůl, jehož horní plocha slouží pro upnutí obrobku, se pohybuje v podélném směru (osa X) po vedení na křížovém suportu. Křížový suport se pohybuje po vedení na základně v příčném směru (osa Y).

Tento stroj je vybaven i zařízením pro vyrovnání tepelných dilatací.

Tabulka 5 Základní parametry stroje Tajmac-ZPS MCFV 1260 [11]

MCFV 1260		
Rozjezdy (X, Y, Z)	mm	1270x610x760
Upínací plocha stolu (X, Y)	mm	1450x590
Minimální vzdálenost čelo - stůl	mm	150
Počet míst v zásobníku	ks	24
Možnost rozšíření zásobníku	ks	48
Pracovní posuv	mm/min	15 000
Výkon	kW	30
Krouticí moment	Nm	458
Otáčky	min ⁻¹	8 000
Maximální průměr nástroje	mm	110
Počet vedení v ose Y	ks	2
Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	Nm	320



Obr. 16 CNC strojní zařízení Tajmac-ZPS MCFV 1260 [11]

3.5 Analýza zvolených parametrů

Z důvodu možného srovnání jednotlivých zařízení, byly provedeny analýzy důležitých vybraných parametrů.

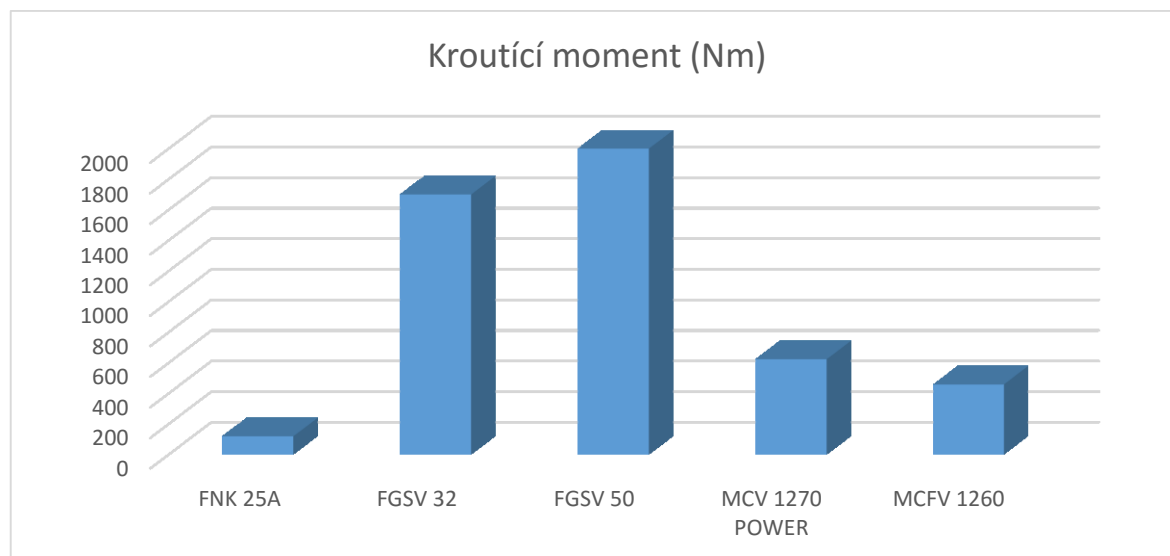
Jako nejdůležitější parametr se pro daná zařízení jeví krouticí moment. Čím je krouticí moment vyšší, tím lépe lze obrábět materiály, např. kalené oceli, slitiny lehkých kovů, litiny nebo jiné hůře obrobitelné materiály.

Také lze použít větší (těžší) obráběcí nástroje nebo zvětšit řezné podmínky, jako jsou posuv, hloubka řezu anebo šířka řezu.

Velmi důležitý parametr je rovněž výkon stroje. Tento parametr jde ruku v ruce s krouticím momentem. Na rozdíl od něj však spíše generuje otáčky, což je mnoha operací důležité, zvláště při dokončování.

Dalším nezbytným parametrem je již zmíněný pracovní posuv, který je schopen daný stroj zvládnout. Velikost pracovního posuvu ovlivňuje čas potřebný pro vykonání dané operace. Čím je posuv menší, tím déle nám bude daná operace trvat.

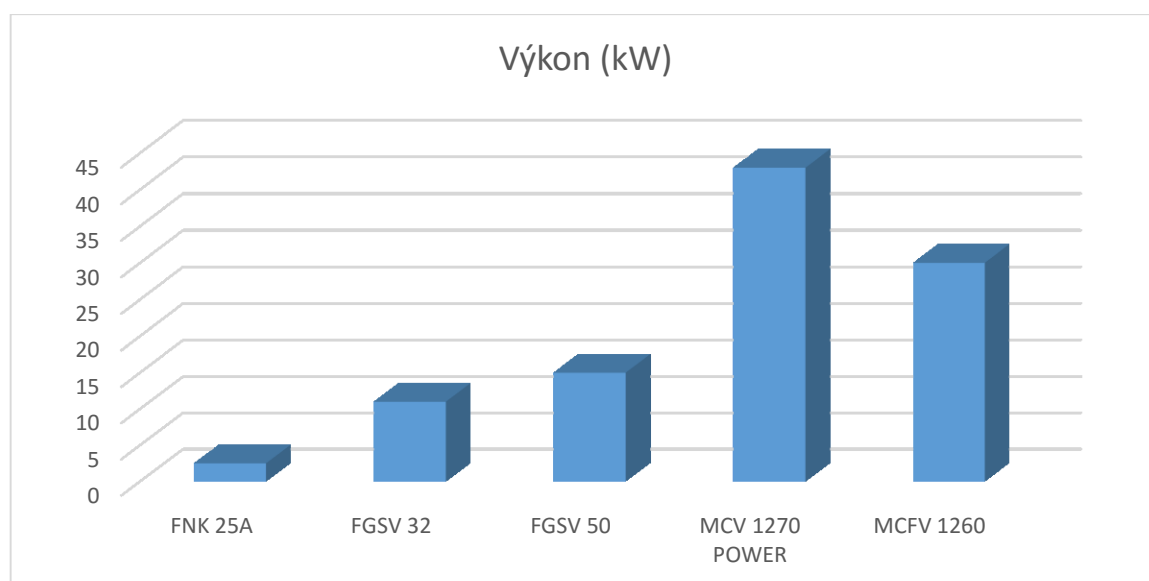
3.5.1 Analýza krouticího momentu



Graf 1 Vyhodnocení krouticího momentu u zvolených strojů

Z grafu (Graf 1) vyplývá, že z testovaných strojů si nejlépe vede stroje FGSV 50 FGSV 32, které všechny ostatní stroje dalece převyšují. Stroj FNK 25A velice zaostává s výrazným rozdílem.

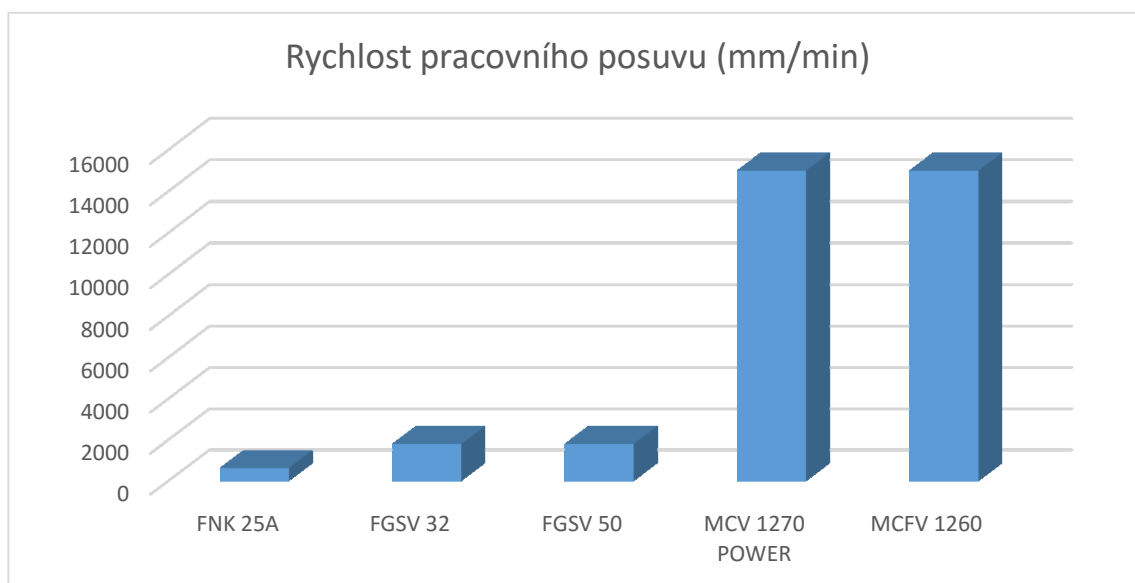
3.5.2 Analýza výkonu



Graf 2 Vyhodnocení výkonu u zvolených strojů

V následujícím vyhodnocení si nejlépe vedl stroj MCV 1270 POWER. Jak vyplývá z grafu (Graf 2), tento stroj svého konkurenta MCFV 1260 překonává rozdílem zhruba 40%. Konzolové frézky FGSV 50 a FGSV 32 výkonnostně zaostávají a frézka FNK 25A nemůže konkurovat ani jednomu ze strojů.

3.5.3 Analýza pracovního posuvu



Graf 3 Vyhodnocení pracovního posuvu u vybraných strojů

Zde jsou si stroje MCV 1270 POWER a MCFV 1260 rovny. Velký rozdíl vykazuje frézka FGSV 50 s frézou FGSV 32, které za CNC stroji velmi zaostávají a frézka FNK 25A, která absolutně nemůže konkurovat ostatním zařízením. Tento výsledek potvrzuje fakt, že se jedná již o zastaralé strojní zařízení.

4 Výběr optimální varianty

4.1 Výběr zařízení pomocí metod vícekritériálního rozhodování

Pro výběr strojního zařízení byly použity dvě metody, a to metoda bazická a metoda PATTERN, které vychází z vyhodnocování technických parametrů jednotlivých strojních zařízení.

Nejdříve bylo nutné určit koeficienty významnosti, a to pomocí metody porovnávání v trojúhelníku párů.

4.1.1 Metoda porovnávání v trojúhelníku párů

V níže uvedených tabulkách jsou zaznamenána jednotlivá kritéria (Tabulka 6) a následně rozhodnutí jednotlivých expertů (Tabulka 7). Mezi jednotlivými experty jsou vedoucí výroby, vedoucí technické přípravy výroby, mistr obrábění, technolog, hospodář nářadí a pomůcek, já jako brigádník.

Tabulka 6 Rozhodovací kritéria

Kritéria		
1	Rozjezdy	mm
2	Upínací plocha stolu	mm
3	Minimální vzdálenost čelo - stůl	mm
4	Počet míst v zásobníku	ks
5	Možnost rozšíření zásobníku	ks
6	Pracovní posuv	mm/min
7	Výkon	kW
8	Nejvyšší krouticí moment	Nm
9	Otáčky	min ⁻¹
10	Maximální průměr nástroje	mm
11	Počet vedení v ose Y	ks
12	Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 (min ⁻¹)	Nm

$$N = \frac{m \times (m - 1)}{2} = \frac{12 \times (12 - 1)}{2} = 66 \quad (1)$$

Tabulka 7 Rozhodování jednotlivých expertů

1. Expert - vedoucí výroby												2. Expert - vedoucí TPV												3. Expert - mistr obrábění																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabulka 8 Vyhodnocení koeficientů významnosti

Experti		1.	2.	3.	4.	5.	Y_j	B_j
Kritéria								
1	Rozjezd	9	4	3	0	4,5	20,5	4,1
2	Upínací plocha stolu	10	6	7,5	1	5	29,5	5,9
3	Minimální vzdálenost čelo - stůl	7	7	3	5,5	5	27,5	5,5
4	Počet míst v zásobníku	2	1	3	3,5	1,5	11	2,2
5	Možnost rozšíření zásobníku	1	1	6	4	2,5	14,5	2,9
6	Pracovní posuv	6	7,5	8,5	8	8,5	38,5	7,7
7	Výkon	8,5	8,5	6	8,5	8,5	40	8
8	Nejvyšší krouticí moment	8,5	9	9,5	8,5	9	44,5	8,9
9	Otáčky	4	5,5	9,5	9	8,5	36,5	7,3
10	Maximální průměr nástroje	6,5	2,5	7	7,5	7,5	31	6,2
11	Počet vedení v ose Y	1	5	0	2	1	9	1,8
12	Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	2,5	9	3	8,5	4,5	27,5	5,5
							N	66

Příklad výpočtu B_j :

$$B_j = \frac{\sum_{k=1}^m y_{kj}}{p} \quad (2)$$

$$B_1 = \frac{9 + 4 + 3 + 0 + 4,5}{5} = 4,1$$

Kde: p – počet expertů

y_{kj} – počet bodů přiřazených k-tým expertem k j-tému kritériu

Do tabulky (Tabulka 8) bylo provedeno bodové vyhodnocení trojúhelníku párů a následně propočet koeficientů významnosti B_j .

Jako nejvýznamnější se jeví kritérium číslo 8 (Tabulka 8), což je kritérium Nejvyšší krouticí moment.

4.1.2 Metoda bazická

Tabulka 9 Číselné vyjádření parametrů strojních zařízení pro metodu bazickou

Parametry		Výnos Náklad	Jednotky	MCV 1270 POWER	MCFV 1260	B _j	h _{Bj}
1	Rozjezdy (X, Y, Z)	+	mm ³	557 784 000	588 722 000	4,1	573 253 000
2	Upínací plocha stolu	+	mm ²	1 005 000	855 500	5,9	930 250
3	Minimální vzdálenost čelo - stůl	+	mm	150	150	5,5	150
4	Počet míst v zásobníku	+	ks	24	24	2,2	24
5	Možnost rozšíření zásobníku	+	ks	40	48	2,9	44
6	Pracovní posuv	+	mm/min	15 000	15 000	7,7	15 000
7	Výkon	+	kW	43	30	8	37
8	Nejvyšší krouticí moment	+	Nm	623	458	8,9	541
9	Otáčky	+	min ⁻¹	8 000	8 000	7,3	8 000
10	Maximální průměr nástroje	+	mm	125	110	6,2	118
11	Počet vedení v ose Y	+	ks	4	2	1,8	3
12	Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	+	Nm	440	320	5,5	380

Tabulka 10 Vyjádření rozjezdů a upínací plochy stolu

	MCV 1270 POWER	MCFV 1260
<i>Rozjezd osa X</i>	1 270	1 270
<i>Rozjezd osa Y</i>	610	610
<i>Rozjezd osa Z</i>	720	760
<i>Výsledek X x Y x Z</i>	557 784 000	588 772 000
<i>Stůl osa X</i>	1 500	1 450
<i>Stůl osa Y</i>	670	590
<i>Výsledek X x Y</i>	1 005 000	855 500

Rozjezdy jednotlivých strojů jsou vyjádřeny jako vynásobení délky osy X, osy Y a případně i osy Z (Tabulka 10), a to z důvodu lepšího vyhodnocení.

Příklad výpočtu h_{Bj} , konkrétně pro kritérium 8, Nejvyšší krouticí moment:

$$h_{Bj} = \frac{\sum_1^i h_{ij}}{p_i} \quad (3)$$

$$h_{B8} = \frac{623 + 458}{2} = 541$$

Kde: p_i – počet variant

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

p_i – počet variant

h_{Bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

Symbody + nebo – značí typy jednotlivých kritérií, to znamená, zda se jedná o kritérium typu výnos nebo náklad. U kritérií typu výnos, značených symbolem + (výkon, krouticí moment,...), platí přímá úměra. Čím vyšší je hodnota kritéria, tím lépe. Naopak u kritérií typu náklad, značených symbolem – (spotřeba energie, pořizovací cena,...) platí nepřímá úměra. Čím vyšší je hodnota kritéria, tím hůř.

Pro zjištění hodnot u jednotlivých kritérií bylo potřeba použít následující vztah, např. u vyhodnocení kritéria Nejvyšší krouticí moment. Jedná se ziskové kritérium, tedy proto symbol +, tj. čím vyšší kritérium Nejvyšší krouticí moment, tím lépe.

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{Bj}} \times B_j \quad (5)$$

$$z_{8MCV\ 1270\ POWER} = \frac{623}{531} \times 8,9 = 10,258$$

Kde: h_{Bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

Tabulka 11 Vyhodnocení pomocí metody bazické

Parametry		Výnos Náklad	Jednotky	MCV 1270 POWER	MCFV 1260	B _j	h _{Bj}
1	Rozjezdy (X, Y, Z)	+	mm ³	3,989	4,211	4,1	573 253 000
2	Upínací plocha stolu	+	mm ²	6,374	5,426	5,9	930 250
3	Minimální vzdálenost čelo - stůl	+	mm	5,500	5,500	5,5	150
4	Počet míst v zásobníku	+	ks	2,200	2,200	2,2	24
5	Možnost rozšíření zásobníku	+	ks	2,636	3,164	2,9	44
6	Pracovní posuv	+	mm/min	7,700	7,700	7,7	15 000
7	Výkon	+	kW	9,425	6,575	8	37
8	Nejvyšší krouticí moment	+	Nm	10,258	7,542	8,9	541
9	Otáčky	+	min ⁻¹	7,300	7,300	7,3	8 000
10	Maximální průměr nástroje	+	mm	6,596	5,804	6,2	118
11	Počet vedení v ose Y	+	ks	2,400	1,200	1,8	3
12	Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	+	Nm	6,368	4,632	5,5	380
Suma				70,747	61,253		
Výsledné pořadí				1	2		

Výpočty pro všechna kritéria a produkty byly shrnuty do tabulky (Tabulka 11).

Dle bazické metody získalo prvenství strojní zařízení MCV 1270 POWER.

4.1.3 Metoda PATTERN

Nejprve byly vybrány nejhorší hodnoty kritérií, v našem případě označeny oranžovou barvou, viz Tabulka 12. Uvedené hodnoty mají koeficient 1,00.

Tabulka 12 Číselné vyjádření parametrů strojních zařízení pro metodu PATTERN

Parametry		Výnos Náklad	Jednotky	MCV 1270 POWER	MCFV 1260	B _j
1	Rozjezdy (X, Y, Z)	+	mm ³	557 784 000	588 722 000	4,1
2	Upínací plocha stolu	+	mm ²	1 005 000	855 500	5,9
3	Minimální vzdálenost čelo - stůl	+	mm	150	150	5,5
4	Počet míst v zásobníku	+	ks	24	24	2,2
5	Možnost rozšíření zásobníku	+	ks	40	48	2,9
6	Pracovní posuv	+	mm/min	15 000	15 000	7,7
7	Výkon	+	kW	43	30	8
8	Nejvyšší krouticí moment	+	Nm	623	458	8,9
9	Otáčky	+	min ⁻¹	8 000	8 000	7,3
10	Maximální průměr nástroje	+	mm	125	110	6,2
11	Počet vedení v ose Y	+	ks	4	2	1,8
12	Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	+	Nm	440	320	5,5

Tabulka 13 Vyhodnocení pomocí metody PATTERN

Parametry		Výnos Náklad	Jednotky	MAS	ZPS	B _j
1	Rozjezdy (X, Y, Z)	+	mm ³	4,100	4,327	4,1
2	Upínací plocha stolu	+	mm ²	6,931	5,900	5,9
3	Minimální vzdálenost čelo - stůl	+	mm	5,500	5,500	5,5
4	Počet míst v zásobníku	+	ks	2,200	2,200	2,2
5	Možnost rozšíření zásobníku	+	ks	2,900	3,480	2,9
6	Pracovní posuv	+	mm/min	7,700	7,700	7,7
7	Výkon	+	kW	11,467	8,000	8
8	Nejvyšší krouticí moment	+	Nm	12,106	8,900	8,9
9	Otáčky	+	min ⁻¹	7,300	7,300	7,3
10	Maximální průměr nástroje	+	mm	7,045	6,200	6,2
11	Počet vedení v ose Y	+	ks	3,600	1,800	1,8
12	Krouticí moment na vřetenu při otáčkách 900 min ⁻¹	+	Nm	7,563	5,500	5,5
Suma				78,412	66,807	
Výsledné pořadí				1	2	

Hodnoty jednotlivých kritérií a každého výrobního zařízení (viz Tabulka 12) byly vypočteny pomocí níže uvedených vztahů.

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{ij1}} \times B_j \quad (8)$$

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}1}{h_{ij}1} \times B_j$$

$$z_{8MCV\ 1270\ POWER} = \frac{623}{458} \times 8,9 = 12,106$$

$$z_{8MCFV\ 1260} = \frac{458}{458} \times 8,9 = 8,9$$

Kde: z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

h_{ij1} – hodnota indexu 1,00 u metody PATTERN

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

4.2 Celkové vyhodnocení výběru

Tabulka 14 Celkové vyhodnocení výběru optimální varianty

Metoda	MCV 1270 POWER	MCFV 1260
Bazická	1	2
PATTERN	1	2
Pořadí	1	2

Po vyhodnocení obou metod vícekritériálního rozhodování vyšlo jako optimální varianta strojní zařízení MCV 1270 POWER. I přes jeho horší kritéria, jako rozjezdy a možnost doplnění zásobníku, se ukázal jako stroj kvalitnější a celkově dosáhnul vyšších hodnot u nejdůležitějších kritérií, jako například u nejvyššího krouticího momentu.

4.3 Porovnání cen jednotlivých strojních zařízení

Tabulka 15 Cenové specifikace strojních zařízení

Stroje	MCV 1270 POWER	MCFV 1260
Cena	4 054 821	4 800 000

Kritérium Cena se řadí do typu nákladových kritérií, takže zde platí nepřímá úměra – čím vyšší hodnota kritéria cena, tím hůř. Přestože kritérium Cena nebylo zahrnuto do výběrového procesu, neboť se o ceně vyjednávalo s výrobcí v jeho průběhu, výsledné pořadí by již dané kritérium neovlivnilo.

4.4 Návratnost investic

$$T = \frac{J}{Zm}$$

$$T = \frac{4\,054\,821}{81\,100} = 49,99 \text{ [měsíců]}$$

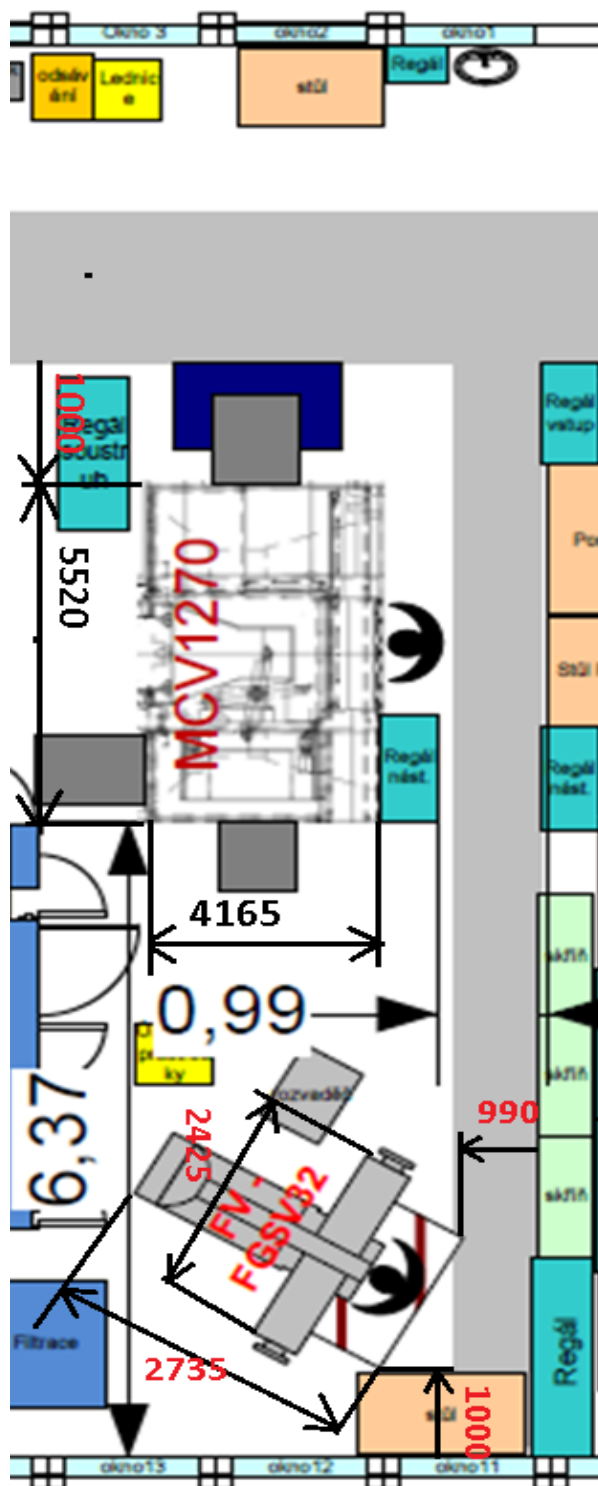
Kde: T – návratnost investic [měsíce]

J – jednorázové náklady (cena strojního zařízení) [Kč]

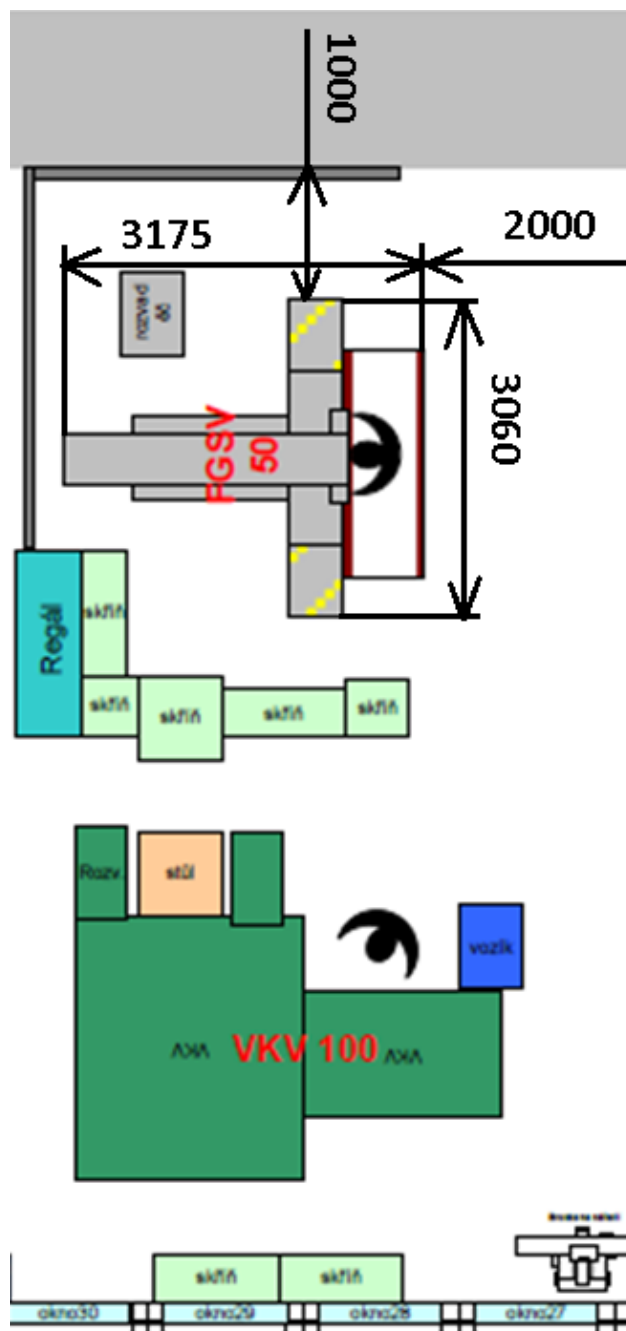
Zm – předpokládaný měsíční zisk [Kč/měsíc]

Vedení výroby v podniku předpokládá měsíční zisk stroje na 81 100,- Kč. Dle výše uvedeného vztahu tedy vychází, že investice do stroje MCV 1270 POWER se navrátí za necelých 50 měsíců, což odpovídá 4 letem a 2 měsícům.

4.5 Nové umístění strojních zařízení



Obr. 17 Umístění stroje MCV 1270 POWER



Obr. 18 Nové umístění frézky FGSV 50

Nové strojní zařízení MCV 1270 POWER nahradí frézku FGSV 50 v jejím původním pracovišti (Obr. 13). Frézka FGSV bude přesunuta na jiné pracoviště, konkrétně místo frézky FNK 25A (Obr. 14), která bude vyřazena.

4.6 Změna efektivního časového fondu

4.6.1 Efektivní časový fond stroje MCV 1270 POWER

Vedení podniku plánuje, že nové strojní zařízení MCV 1270 POWER bude v provozu i o víkendech a svátcích, navíc se pracovní doba změní ze 7,5 hodiny na 11 hodin.

$$F_N = F_K - A - B \quad (9)$$

$$F_N = 365 - 0 - 0 = 365 \text{ [dní]}$$

$$F_{SE} = (F_N - C) \times h \times s - Z \quad (10)$$

$$F_{SE} = (365 - 5) \times 11 \times 2 - 20 = 7\,900 \text{ [hodin/rok]}$$

4.6.2 Efektivní časový fond frézek FGSV 50 a FGSV 32

$$F_{SE} = (F_N - C) \times h \times s - Z \quad (10)$$

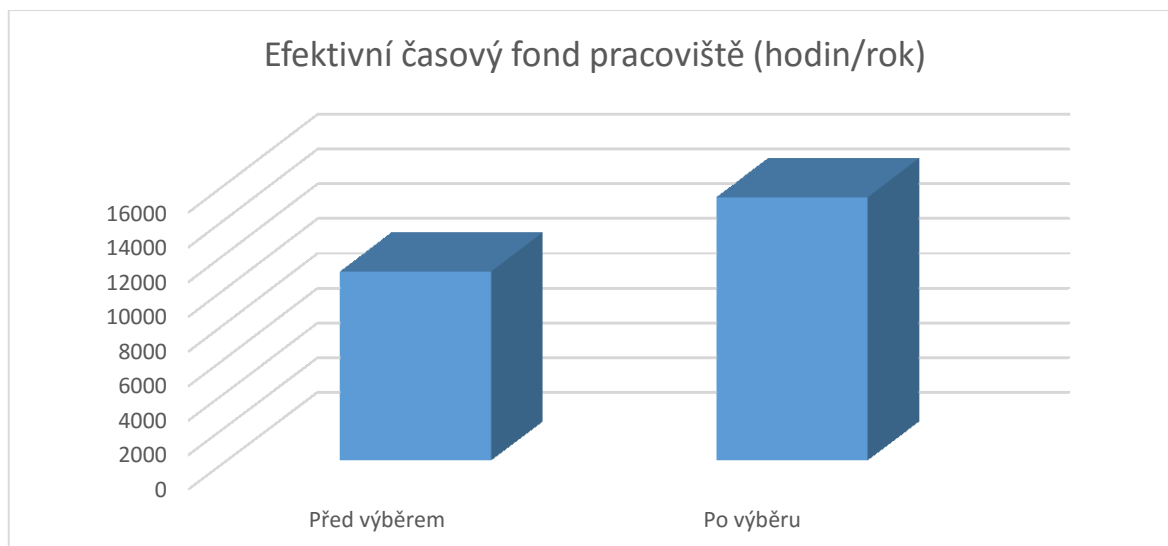
$$F_{SE} = (251 - 5) \times 7,5 \times 2 - 60 = 3\,630 \text{ [hodin/rok]}$$

4.6.3 Nový efektivní časový fond pracoviště

$$F_{PE} = \sum_1^n F_{SE} = 3\,630 + 3\,630 + 7\,900 = 15\,160 \text{ [hodin/rok]}$$

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že po přesunutí frézky FGSV 50, která nahradí frézku FNK 25A, se využitelná kapacita pracoviště změní, a to na celkových 15 160 hodin za rok. Tyto frézky jsou schopny se i nadále v případě potřeby zastoupit, navíc CNC strojní zařízení MCV 1270 POWER je schopno vyrábět i tvarové součásti.

4.6.4 Porovnání efektivních časových fondů pracovišť



Graf 4 Porovnání efektivních časových fondů

Z výše uvedeného grafu (Graf 4) vyplývá, že výměnou frézky FNK 25A za CNC stroj MCV 1270 POWER bylo dosaženo navýšení efektivního časového fondu – výrobní kapacity. Efektivní časový fond vzrostl z 10 890 hodin za rok na 15 600 hodin za rok, tj. rozdíl 4 710 hodin za rok.



Obr. 19 Pracoviště po přesunutí frézky FGSV 50



Obrázek 20 Instalace stroje MCV 1270 POWER

5 Zhodnocení přínosu práce a závěr

5.1 Zhodnocení vlastního přínosu bakalářské práce

- **Analýza výrobních kapacit** strojních zařízení. Výrobní kapacity se zvýšily z původních **10 890 hodin za rok** na **15 160 hodin za rok**.
- **Návrh na možná řešení pracoviště.**
- **Výběr nového optimálního strojního zařízení** pomocí metod vícekritériálního rozhodování.
- **Analýza a návrh** nového umístění strojních zařízení ve výrobní hale.
- Propočet **návratnosti vložených investic**, jejíž časový horizont činí **4 roky a 2 měsíce**.
- Navržené řešení již bylo v praxi **realizováno**.

5.2 Závěr

Bakalářská práce se zabývala výběrem optimálního strojního zařízení na výrobní halu 96 ve firmě PWO Czech Republic a.s. ve Valašském Meziříčí. Na základě analýz efektivních časových fondů a parametrů jednotlivých strojních zařízení byl jako řešení navržen výběr nového strojního zařízení.

K optimálnímu výběru byly použity metody vícekritériálního rozhodování. Po vyřešení nového umístění strojních zařízení a propočtu návratnosti investic bylo zjištěno, že efektivní časový fond (výrobní kapacity) vzroste.

Vybrané strojní zařízení je navíc schopno vyrábět i tvarové součásti. Firma PWO Czech Republic a.s. již v praxi realizovala řešení navržené v bakalářské práci.

Poděkování

Děkuji Ing. Ivaně Šajdlerové, PhD. z Katedry mechanické technologie VŠB – TU Ostrava za cenné připomínky, rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl velmi poděkovat firmě PWO Czech Republic a.s. za možnost spolupráce, konkrétně Ing. Martinu Kolářovi, Petru Poláškov, Josefu Flajšarovi, Radku Pelcovi a Stanislavu Slížkovi za ochotu, pomoc, čas a informační zázemí, které mi věnovali.

Seznam použité literatury

- [1] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie* 3. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005 [vid. 2016-04-15]. ISBN 80-7183-337-1.
- [2] ŘASA, Jaroslav, Vladimír GABRIEL a Přemysl POKORNÝ. *Strojírenská technologie* 3. 1. vyd. Praha: Scientia, 2001 [vid. 2016-04-15]. ISBN 80-7183-227-8.
- [3] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby: učební text* [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012, 1 DVD-ROM [vid. 2016-02-22]. ISBN 978-80-248-2775-9
- [4] SMETANA, Jiří. *Projektování technologických pracovišť: určeno pro posl. fak. strojní a elektrotechn.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. [vid. 2016-04-24]. ISBN 80-7078-033-9.
- [5] *PWO Czech Republic a.s.* [online]. [vid. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.pwo.cz/sidlo/czech-republic/>
- [6] Frézky - univerzální: *FGSV 50* [online]. [vid. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://stroje.hyperinzerce.cz/kovoobrabeci-frezky/inzerat/10342126-frezky-univerzalni-fgsv-50-nabidka/#.Vx4m5TCLRxA>
- [7] *Vertical milling machine: TOS FGSV 32* [online]. [vid. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.machinesseeker.com/A1815163/Vertical-milling-machine-TOS-FGSV-32.html>
- [8] Manuály a návody k obráběcím strojům: *Manuál konzolové nástrojářské frézky FNK 25A* [online]. [vid. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/download/>
- [9] *Frézky univerzální: Frézka FNK 25A* [online]. [vid. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://stroje.hyperinzerce.cz/frezy/inzerat/8572641-frezky-univerzalni-fnk-25-a-nabidka/>
- [10] Kovosvit: *Vertikální obráběcí centra* [online]. [vid. 2015-11-16]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/upload/products/pdf/mcv-1270-1421740544.pdf>
- [11] Tajmac-ZPS: *MCFV 1260* [online]. [vid. 2015-11-16]. Dostupné z: http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps-2.os.zps/files/mcfv1260_cz.pdf

Seznam obrázků

Obr. 1 Příklad hodnocení kritérií	14
Obr. 2 Příklad stanovení koeficientů významnosti	14
Obr. 3 Technologické uspořádání pracovišť	18
Obr. 4 Předmětné uspořádání pracovišť	18
Obr. 5 Modulární uspořádání pracovišť	19
Obr. 6 Buňkové uspořádání pracovišť	19
Obr. 7 Organizační struktura koncernu PWO	22
Obr. 8 Organizační schéma firmy PWO Czech Republic a.s.	23
Obr. 9 Areál firmy PWO Czech Republic a.s. ve Valašském Meziříčí	23
Obr. 10 Konzolová frézka FGSV 50	25
Obr.11 Konzolová frézka FGSV 32	26
Obr. 12 Umístění frézky FGSV 50 a FGSV 32	27
Obr. 13 Frézka FNK 25A	28
Obr. 14 Umístění frézky FNK 25A	29
Obr. 15 CNC Kovosvit MAS MCV 1270 POWER.....	33
Obr. 16 CNC strojní zařízení Tajmac-ZPS MCFV 1260.....	34
Obr. 17 Umístění stroje MCV 1270 POWER.....	47
Obr. 18 Nové umístění frézky FGSV 50	48
Obr. 19 Pracoviště po přesunutí frézky FGSV 50.....	51
Obr. 20 Instalace stroje MCV 1270 POWER.....	51

Seznam grafů

Graf 1 Vyhodnocení krouticího momentu u zvolených strojů	36
Graf 2 Vyhodnocení výkonu u zvolených strojů	36
Graf 3 Vyhodnocení pracovního posuvu u vybraných strojů	37
Graf 4 Porovnání efektivních časových fondů	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 Základní parametry stroje FGSV 50	24
Tabulka 2 Základní parametry stroje FGSV 32	25
Tabulka 3 Základní parametry stroje FNK 25A	28
Tabulka 4 Základní parametry stroje Kovosvit MAS MCV 1270 POWER.....	32
Tabulka 5 Základní parametry stroje Tajmac-ZPS MCFV 1260	34
Tabulka 6 Rozhodovací kritéria.....	38
Tabulka 7 Rozhodování jednotlivých expertů	39
Tabulka 8 Vyhodnocení koeficientů významnosti	40
Tabulka 9 Číselné vyjádření parametrů strojních zařízení pro metodu bazickou.....	41
Tabulka 10 Vyjádření rozjezdů a upínací plochy stolu	41
Tabulka 11 Vyhodnocení pomocí metody bazické.....	43
Tabulka 12 Číselné vyjádření parametrů strojních zařízení pro metodu PATTERN	44
Tabulka 13 Vyhodnocení pomocí metody PATTERN.....	44
Tabulka 14 Celkové vyhodnocení výběru optimální varianty	45
Tabulka 15 Cenové specifikace strojních zařízení	46

Seznam příloh

Příloha A Původní layout haly 96	56
Příloha B Nový layout haly 96	57

Trimill

Krolling

Hemic C42

Heller

DMU

23.79

0.93

12.80

0.72

Příloha A Původní layout haly 96

Příloha B



Příloha B Nový layout haly 96